

بهره‌برداری و نگهداری از تصفیه‌خانه‌های فاضلاب

(جلد اول-ویرایش اول)

ویژه فاضلاب شهری

مترجمان:
دکتر حسن ایزانلو - دکتر حمیدرضا تشیعی
دکتر مهدی اسدی‌قالهری - مهندس بهنام وکیلی



انتشارات آوای قلم

.... در هر حرفه‌ای که هستید نه اجازه دهید که به بدبینی‌های بی‌حاصل آلوده شوید و نه بگذارید که برخی لحظات تأسف‌بار که برای هر ملتی پیش می‌آید شما را به یأس و ناامیدی بکشاند. در آرامش حاکم بر آزمایشگاه‌ها و کتابخانه‌هایتان زندگی کنید. نخست، از خود بپرسید: «برای یادگیری و خودآموزی چه کرده‌ام؟». سپس، همچنان‌که پیش‌تر می‌روید بپرسید: «من برای کشورم چه کرده‌ام؟» و این پرسش را آن‌قدر ادامه دهید تا به این احساس شادی‌بخش و هیجان‌انگیز برسید که «شاید سهم کوچکی در پیشرفت و اعتلای بشریت داشته‌اید». اما، هر پاسخی که زندگی به تلاش‌هایمان بدهد یا ندهد هنگامی‌که به پایان تلاش‌هایمان نزدیک می‌شویم، هرکدام‌مان باید حق آن را داشته باشیم که با صدای بلند بگوییم: «من آن چه در توان داشته‌ام انجام داده‌ام.»

لوئی پاستور

(۱۸۲۲–۱۸۶۵)

تقدیم به

انسانهایی که

به فردایی بهتر

می اندیشند.

مقدمه ناشر

سپاس بیکران پروردگار را که به انسان قدرت اندیشیدن بخشید، قدرتی که در مقایسه با سایر موجودات باعث شده است که انسان هرگز به امکانات محدود خود اکتفا نکند. مکاتب الهی، انسان را موجودی کمال‌طلب و پویا می‌دانندکه جهت‌گیری او به سوی خالقش می‌باشد. از جمله راههای تقرب به خداوند علم است، علمی که زیبایی عقل است. علمی که در دریای بیکران آن هر ذره نشانی از آفریدگار است و هر چه علم انسان افزون گردد، تقربش بیشتر می‌شود. از این روست که به علم‌اندوزی و دانش‌آموزی توجهی بی‌نظیر مبذول گردیده است. اما علم‌آموزی به ابزاری نیاز دارد که مهمترین آن کتاب است و انتشار نتیجه مطالعات پژوهشگران و اندیشمندان پاسخگوی این نیاز خواهد بود. جهت تحقق این امر و گام برداشتن در جهت ارتقای پایه‌های علم و دانش و رشد و شکوفایی استعدادها انتشار کتاب را یکی از اهداف خود قرار داده و انتظار داریم با حمایت‌های معنوی هموطنان گرامی بتوانیم گامهای مؤثر و ارزشمندی را برداریم. گرچه تلاش خواهد شد در حد دانش و تجربه اندکمان کارهایی بدون اشکال تقدیم حضورتان گردد، ولی اذعان داریم که راهنماییهای شما عزیزان می‌تواند ما را در ارتقای کیفی کتاب راهگشا باشد لذا همیشه منتظر پیشنهادات و راهنماییهای شما خواهیم بود.

در پایان از همه عزیزانی که در مراحل مختلف تهیه، تدوین و چاپ کتاب از همفکری و همکاری آنها برخوردار بوده‌ام به خصوص همکاران محترم شرکت آب و فاضلاب استان هرمزگان(آقایان مهندس قصمی، دکتر توسلی و مهندس منصوری و خانم‌ها مهندس چشم براه و مهندس عسکری) و همچنین آقایان دکتر حسن ایزانلو، دکتر حمیدرضا تشیعی، دکتر مهدی اسدی‌قالهری و مهندس بهنام وکیلی (مترجمان) و مهندس علی‌محمد خانی (مدیر فروش) سپاسگزاری نموده و موفقیت روزافزونشان را آرزومندم..

مهدی خانی

مدیر مسئول انتشارات آوای قلم

مقدمه شرکت آب و فاضلاب

افزایش مصرف آب و تولید انواع فاضلاب‌های شهری و صنعتی یکی از پیامدهای گسترش روزافزون مناطق شهری و شهرنشینی است. اگر این فاضلاب‌ها بی تصفیه وارد محیط‌زیست شوند، آلودگی منابع آب‌های زیرزمینی و سطحی را درپی خواهند داشت و به دلیل تخریب محیط‌زیست و شیوع بیماری‌های گوناگون، آسیب‌های جبران‌ناپذیری بر پیکره‌ی توسعه‌ی اقتصادی و اجتماعی جوامع وارد می‌سازد. محدودیت منابع آب از یک سو و تنوع آلودگی‌های درون فاضلاب از سوی دیگر این منابع را در برابر آلودگی‌های جدی گذاشته است. از این رو، در دهه‌های گذشته قوانین سختگیرانه‌ای درباره تصفیه‌ی فاضلاب و گسترش اهداف تصفیه‌ی فاضلاب وضع شده است. بنابراین، انسان تصفیه فاضلاب پیش از دفع مطابق با معیارها و استانداردهای تدوین شده را الزامی نموده است تا جلو پیامدهای ورود آلاینده‌های گوناگون به محیط‌زیست گرفته شود. همچنین، کمبود منابع آبی باعث شده است تا نظام مدیریت منابع آب به فاضلاب به چشم یک منبع آبی قابل استفاده بنگرد. در نتیجه، تصفیه‌ی فاضلاب از آنجا ضروری به نظر می‌رسد که بخشی از آب باید دوباره در چرخه‌ی مصرف قرار داده شود تا کمبود تولید جبران شود.

تقریباً همه‌ی کشورها در چندین کنفرانس بین‌المللی از جمله کنفرانس زمین متعهد شدند تا برای حفظ محیط‌زیست تلاش‌های جدی و گسترده‌ای به عمل آورند تا بتوانند کره‌ی زمین، که در خطر است، را برای نسل‌های آینده حفظ نمایند. حفظ منابع آبی از طریق طراحی، ساخت و بهره‌برداری تصفیه‌خانه‌های فاضلاب از مهمترین این تعهدها است. در این راستا، فن‌آوری نیز به یاری انسان آمده است تا تأسیسات پالایش و تصفیه را گسترش دهد. در چند دهه‌ی گذشته گام‌های بزرگی در زمینه‌ی شناخت، آنالیز و پالایش آلاینده‌ها برداشته شده است. توسعه‌ی دانش و رشد فن‌آوری لزوم توسعه‌ی پایدار و حفظ محیط‌زیست را امکان‌پذیر ساخته است و باعث شده است که دانش اساسی پالایش آلاینده‌ها پی‌ریزی شود. از این رو، آشنایی کامل دست‌اندرکاران تصفیه‌ی فاضلاب با مبانی علمی و مهندسی اصول فرایندها و بهره‌برداری و نگهداری از تصفیه‌خانه‌های فاضلاب می‌تواند چنین تعهدهایی را به آسان برآورده نماید.

در کشور ما همگام با توسعه‌ی دانش جهانی، تصفیه‌ی فاضلاب‌های شهری به خاطر کمبود منابع آبی، حفظ محیط‌زیست و سلامت جوامع انسانی به عنوان یک اولویت مطرح است. مأموریت و فلسفه وجودی شرکت‌های آب و فاضلاب تأمین و توزیع آب آشامیدنی بهداشتی و جمع‌آوری و تصفیه‌ی فاضلاب است. در تحقق این هدف تربیت نیروی انسانی کارآمد و توانمند نقش بسیار مهمی در به‌سامان رساندن این اهداف دارد. روشن است که افزایش دانش کارکنان دست‌اندرکار در زمینه‌ی طراحی، اجرا، نگهداری، و بهره‌برداری از تأسیسات تصفیه‌ی فاضلاب نیازمند دست‌یابی به دانش روز و استفاده از روش‌های کارآمد

است. در این راستا، شرکت آب و فاضلاب استان هرمزگان گامی هر چند کوچک در راه افزایش آگاهی کارکنان و راهبران تصفیه‌خانه‌ها و بالا بردن سطح علمی صنعت آب و فاضلاب کشور برداشته و اقدام به همکاری در چاپ کتاب پیش‌رو نموده است که امید است با اقبال خوانندگان گرامی روبه‌رو گردد.

کتاب پیش‌رو، که توسط نیروی کار بهره‌برداری از تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهری فدراسیون محیط‌زیست آب (WEF) آماده شده است و توسط همکاران گرامی آقایان **دکتر حسن ایزانلو**، **دکتر حمیدرضا تشیعی**، **دکتر مهدی اسدی‌قالهری** و **مهندس بهنام وکیلی** به‌خوبی و گویا به زبان فارسی برگردانده شده است، دربردارنده‌ی اصول بهره‌برداری و نگهداری و مثال‌های کاربردی فراوان است که می‌تواند برای دانشجویان و مهندسان رشته‌های آب و فاضلاب، بهداشت محیط، محیط‌زیست و مکانیک مفید باشد که در کادر بهره‌برداری از تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهری هستند و یا می‌خواهند در آینده در این کادر باشند. لذا ترجمه‌ی این کتاب را کاری بسیار ارزشمند می‌دانیم و توفیق روزافزون این مترجمان و همه‌ی علاقه‌مندان خدمت به میهن عزیزمان ایران را برای رسیدن به فردایی بهتر از خداوند منان خواستاریم.

احمد سیاحی
مدیر کل دفتر تحقیقات، توسعه فناوری و ارتباط با صنعت
شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور

امین قصمی
رئیس هیات مدیره و مدیرعامل
شرکت آب و فاضلاب استان هرمزگان

فهرست

فصل ۱ ۱

تعیین ویژگی‌ها و نمونه‌برداری از فاضلاب ۱

پیش گفتار ۱

تعیین ویژگی‌های فاضلاب ۱

منابع ۲

فاضلاب خانگی ۲

فاضلاب تجاری و صنعتی ۲

نشتاب و جریان‌های سطحی ۳

تغییرات جریان ۳

ویژگی‌های فیزیکی ۵

دما ۵

رنگ ۶

بو ۶

کدورت ۷

ویژگی‌های شیمیایی ۹

قلیاییت ۹

اکسیژن موردنیاز شیمیایی (COD) ۱۰

رسانایی الکتریکی (EC) ۱۱

اکسیژن محلول (DO) ۱۲

پتانسیل اکسایش و کاهش (ORP) ۱۳

pH ۱۵
ویژگی‌های بیولوژیک ۱۶
اکسیژن موردنیاز بیوشیمیایی ۱۶
پاتوژن‌ها ۱۷
ویروس‌ها ۱۹
آزمایش میکروسکوپی ۱۹
جامدات ۲۰
کل مواد جامد ۲۰
جامدات محلول و معلق ۲۲
جامدات فرار و ثابت ۲۳
ویژگی‌های ته‌نشینی ۲۴
آزمایش حجم لجن ته‌نشین شده (SSV) ۲۵
ترکیب شیمیایی ۲۵
کلر ۲۶
نیتروژن ۲۶
فسفر ۲۸
گوگرد ۲۹
چربی‌ها، روغن‌ها و گریس‌ها (FOG) ۲۹
آلاینده‌های دارای اولویت ۳۰
آزمون سمّیت زیست‌سنجی ۳۱
نمونه‌برداری ۳۲

دلایل نمونه‌برداری ۳۲
الزامات قانونی ۳۳
پایش و کنترل فرآیند ۳۳
جمع‌آوری داده‌های پیشین ۳۳
انواع نمونه‌برداری ۳٤
نمونه‌های تصادفی ۳٤
نمونه‌های مرکب ۳۵
نمونه مرکب زمانی ۳٦
نمونه‌های مرکب نسبتی – جریان ۳۷
نمونه پیوسته ٤۰
تجهیزات نمونه‌برداری ٤۱
نمونه نماینده ٤٤
محل‌های نمونه‌برداری ٤٦
حجم نمونه ٤٦
جابجایی نمونه ۵۵
نگهداری ۵۵
زنجیره نگهداری ۵۵
نمونه‌برداری کنترل فرآیند ٦٦
پایش حریم هوایی ٦۷
ملاحظات ایمنی و بهداشتی ٦۸
فصل ۲ **۷۱**

تصفیه مقدماتی ۷۱

پیشگفتار ۷۱

فرآیند آشغال‌گیری ۷۲

تجهیزات ۷۳

چنگک‌های آشغال/میله‌ای ۷۳

سرندهای میله‌ای ۷٤

کنترل فرآیند ۷۹

آشغال‌خردکن برسی، آشغال‌خردکن میله‌ای و دیگر تجهیزات خردکن ۸۱

سرندهای ریز ۸۲

متراکم‌کننده‌های آشغال ۸٤

اقدامات مدیریتی ۸٤

سامانه‌های انتقال ۸۵

عیب‌یابی ۸٦

دانه‌گیری ۸۷

تجهیزات ۸۷

محفظه دانه‌گیر ۸۷

سامانه‌های انتقال ۹۲

پمپ‌های دانه ۹۳

سیکلون‌ها ۹۳

دسته‌بندی‌کننده‌ها ۹۵

جابجایی دانه در داخل تصفیه‌خانه ۹٦

کنترل فرآیند ۹۶
اقدامات مدیریتی ۹۷
عیب‌یابی ۹۸
ملاحظات دیگر پیش‌تصفیه ۹۸
یکنواخت‌سازی جریان ۹۸
بوها و کنترل بو ۹۸
مدیریت شرایط سپتیک ۹۹
جریان‌های بازچرخش ۹۹
ملاحظات ایمنی ۱۰۰
برنامه جمع‌آوری داده‌ها، نمونه‌برداری و آنالیز ۱۰۱
فرآیند آشغال‌گیری ۱۰۱
فرآیند دانه‌گیری ۱۰۱
سوابق و گزارش‌ها ۱۰۲
جدول مرجع عیب‌یابی ۱۰۳
فصل ۳ **۱۱۱**
تصفیه اولیه **۱۱۱**
پیش‌گفتار ۱۱۱
شرح فرآیند ۱۱۲
حذف جامدات ته‌نشین‌پذیر ۱۱۲
حذف ذرات شناور ۱۱۳
متغیرهای مؤثر در حذف جامدات ته‌نشین‌پذیر ۱۱۳

پارامترهای بارگذاری هیدرولیکی و پیکره‌بندی مخزن ۱۱۳
ویژگی‌های فاضلاب ۱۱۵
تازگی ۱۱۵
ویژگی‌های ذرات ۱۱۶
دما ۱۱۶
فاضلاب‌های صنعتی ۱۱۷
متغیرهای تأثیرگذار در حذف ذرات شناور ۱۱۷
پیکره‌بندی مخزن ۱۱۷
ویژگی‌های فاضلاب ۱۱۷
شرایط و سازوکار حذف ۱۱۸
برهم‌کنش با واحدهای عملیاتی دیگر ۱۱۸
واحدهای بالادستی ۱۱۸
واحدهای پایین‌دستی ۱۱۹
فرآیندهای ثانویه ۱۱۹
سامانه جابه‌جایی جامدات ۱۲۰
جریان‌های بازچرخش ۱۲۰
توصیف تجهیزات ۱۲۲
سرندهای ریز ۱۲۲
مخزن‌های ته‌نشینی ۱۲۲
مخزن‌های مستطیلی ۱۲۰
مخازن دایره‌ای ۱۲۷

مخازن مربع شکل ۱۲۹
متعلقات سیستم پمپاژ ۱۲۹
افزودنی‌های شیمیایی ۱۲۹
عملکرد مورد انتظار ۱۲۹
کنترل فرآیند ۱۳۱
مدیریت لجن ۱۳۱
ضخامت لجن (غلظت جامدات) ۱۳۱
کمیت لجن ۱۳۲
جمع‌آوری ۱۳۳
پمپاژ لجن ۱۳٤
متعلقات سامانه پمپاژ ۱۳۵
عمل کفروبی جامدات شناور ۱۳٦
ملاحظات هیدرولیکی ۱۳۷
کنترل جریان برگشتی ۱۳۹
کنترل بو ۱٤۰
نظافت ۱٤۱
افزودنی‌های شیمیایی ۱٤۲
جامدات معلق و ته‌نشین‌پذیر ۱٤٤
جامدات کل و جامدات فرار در فاضلاب ۱٤٤
جامدات کل و جامدات فرار در لجن ۱٤٤
اکسیژن موردنیاز بیوشیمیایی (BOD) ۱٤۵

pH ۱٤٥
چربی، روغن و گریس ۱٤٥
عیب‌یابی ۱٤٦
ویژگی‌های لجن جمع‌آوری‌شده ۱٤٦
نواقص و معایب طراحی ۱٤۹
مشکلات عملیاتی و جامدات ۱٥۲
نگهداری ۱٦۰
برنامه‌های حفاظت و نگهداری پیشگیرانه ۱٦٦
نگهداری‌های اضطراری ۱٦۸
لوازم‌یدکی ۱٦۸
ایمنی ۱۷۰
ثبت اطلاعات و ارائه گزارش‌ها ۱۷۱
سامانه‌های رایانه‌ای ۱۷۲
تخمیر لجن اولیه ۱۷۳
روش‌های تصفیه اولیه جایگزین ۱۷٥
تصفیه اولیه پیشرفته ۱۷٦
آشغال‌گیر ریز ۱۷۷
سیستم شناورسازی اولیه با هوای محلول (DAF) ۱۷۷
فرآیندهای ترکیبی تصفیه اولیه/حذف دانه ۱۷۸
فصل ٤ **۱۸۰**
بخش ۱ **۱۸۰**

مقدمه ۱۸۰

فصل ٤ ۱۸۳

بخش ۲ ۱۸۳

شرح فرآیند و تجهیزات ۱۸۳

مقدمه ۱۸۳

توصیف واحد فرآیندی ۱۸۳

اجزاء پایه سامانه ۱۸۳

میکروبیولوژی و بیوشیمی ۱۸٦

اهداف پایه فرآیند ۱۹۰

حذف اکسیژن موردنیاز بیوشیمیایی مواد آلی کربن‌دار ۱۹۰

شوره‌سازی (نیتریفیکاسیون) ۱۹۱

حذف نیتروژن – شوره‌زدایی (دنیتریفیکاسیون) ۱۹۳

حذف زیستی فسفر ۱۹٤

تنوع فرآیند ۱۹٦

نرخ‌های بارگذاری ۱۹٦

پیکره‌بندی راکتور ۱۹۷

اختلاط کامل آرمانی (ایده‌آل) ۱۹۸

جریان قالبی آرمانی (ایده‌آل) ۱۹۸

راکتورهای سری ۱۹۹

راکتورهای ناپیوسته متوالی (SBR) ۲۰۰

نهر اکسیداسیون ۲۰۲

الگوهای تغذیه و هوادهی ۲۰۳
متعارف ۲۰۳
تثبیت تماسی و بازهوادهی لجن ۲۰۳
تغذیه مرحله‌ای ۲۰۵
هوادهی کاهشی ۲۰۶
انتخابگرها ۲۰۶
اصلاحات دیگر ۲۰۸
اکسیژن بسیار خالص ۲۰۸
سامانه‌های دوگانه ۲۰۹
سامانه‌های ترکیبی ۲۱۰
فرآیندهای حذف زیستی نوترینت ۲۱۱
سامانه‌های تک لجنی ۲۱۱
اکسیداسیون آمونیاک تک لجنی ۲۱۲
حذف نیتروژن تک لجنی ۲۱۲
حذف فسفر تک لجنی ۲۱۵
حذف نیتروژن و فسفر تک لجنی ۲۱۸
سامانه‌های چند لجنی ۲۲۱
شوره‌زایی (نیتریفیکاسیون) چند لجنی ۲۲۱
حذف نیتروژن چند لجنی ۲۲۲
فاکتورهای مؤثر بر کارایی فرآیند ۲۲۳
تشریح تأسیسات و تجهیزات به‌کاررفته ۲۲٤

راکتورهای زیستی ۲۲٤
سامانه‌های هوادهی ۲۲۵
هوادهی دیفیوزری ۲۲۵
هوارسانی ۲۲٦
هوادهی مکانیکی ۲۲۷
اختلاط ۲۲۸
زلال‌سازی ۲۲۹
سامانه‌های برگشت و دفع لجن فعال ۲۳۰
پمپاژ بازچرخش ۲۳۱
بخش ۳ **۲۳۳**
کنترل فرآیند **۲۳۳**
مقدمه ۲۳۳
مهم‌ترین عوامل برای کنترل سامانه‌های لجن‌فعال ۲۳٤
مقدمه ۲۳٤
کنترل مقدار لجن‌فعال ۲۳٤
نسبت غذا به میکروارگانیسم ۲۳۵
متوسط زمان‌ماند سلولی ۲۳٦
سن‌لجن، زمان‌ماند جامدات و متوسط زمان‌ماند سلولی ۲۳۷
جامدات معلق پایدار مایع مخلوط ۲۳۸
انتخاب یک روش کنترل ۲۳۸
تأثیرات دما ۲۳۹

هوادهی و کنترل اکسیژن محلول ۲٤۰
کنترل فرآیند زلال‌سازی ثانویه و جداسازی جامدات ۲٤۲
پارامترهای کنترلی ۲٤۲
بستر جامدات ۲٤۳
کنترل لجن‌فعال برگشتی ۲٤٤
ته‌نشینی لجن و تولید کف ۲٤٥
ارگانیسم‌های رشته‌ای ۲٤٦
کنترل کف ۲٤۸
فرآیندهای غشایی برای جداسازی جامدات ۲٤۹
کنترل فرآیند حذف اکسیژن موردنیاز بیوشیمیایی مواد آلی کربنه ۲٥۰
تغییر ساختارهای فرآیند ۲٥۲
لجن‌فعال متداول ۲٥۲
اختلاط کامل ۲٥۳
انتخابگرها ۲٥٥
جریان پیستونی ۲٥٦
تغذیه مرحله‌ای / تثبیت تماسی ۲٥۷
ساختارها و اصلاحات دیگر ۲٥۸
افزودن سامانه‌های رشد ثابت ۲٥۸
افزودن پودر کربن فعال ۲٥۹
افزودنی‌های شیمیایی ۲٥۹
کنترل فرآیند شوره‌زایی (نیترات‌سازی) ۲٦۰

شوره‌زایی (نیترات‌سازی) دومرحله‌ای و یا دولجنی ۲٦۲
کنترل فرآیند نیترات‌زدایی ۲٦۲
کنترل فرآیند حذف فسفر ۲٦٤
کنترل فرآیند راکتورهای ناپیوسته متوالی ۲٦٦
ارزیابی عملکرد فرآیند ۲٦۷
مقدمه ۲٦۷
پارامترهای عملیاتی ۲٦۸
ملاحظات خاص ۲٦۸
کیفیت اطلاعات ۲۷۰
جداول کنترل ۲۷۱
استفاده از جدول کنترل برای تشخیص مشکلات فرآیند ۲۷۳
پایگاه کامپیوتری ۲۷۳
مدل‌های لجن‌فعال ۲۷۳
کنترل خودکار فرآیند ۲۷٤
کنترل‌کننده‌های حلقه‌ای ۲۷۵
کنترل‌کننده‌های منطقی قابل‌برنامه‌ریزی ۲۷۵
سیستم کنترل توزیعی ۲۷٦
بخش ٤ **۲۷۹**
مدیریت انرژی **۲۷۹**
مقدمه ۲۷۹
هزینه‌های انرژی ۲۸۰

مصرف انرژی در تصفیه‌خانه‌های فاضلاب ۲۸۳
فرصت‌های ذخیره انرژی ۲۸۶
بررسی فرآیند ۲۸۶
کلیات ۲۸۶
تعداد راکتورها ۲۸۷
طراحی راکتور ۲۸۷
نیتریفیکاسیون ۲۸۸
دنیتریفیکاسیون ۲۸۹
سطح اکسیژن محلول ۲۹۱
بهینه‌سازی متوسط زمان‌ماند سلولی (MCRT) ۲۹۲
توان حجمی ورودی ۲۹۳
عملکرد تجهیزات ۲۹۵
اجزاء سیستم هوادهی ۲۹۵
سامانه‌های هوادهی مکانیکی ۲۹۵
سیستم هوادهی دیفیوزری ۲۹۶
آلفا ۲۹۶
عمق مخزن ۲۹۷
اندازه حباب ۲۹۷
سرعت جریان هوا ۲۹۸
چگالی دیفیوزر ۲۹۸
رسوب ۲۹۸

تجهیزات پمپاژ ۳۰۲
پمپ‌های پساب اولیه و میانی ۳۰۲
پمپ‌های لجن فعال برگشتی ۳۰۵
پمپ‌های لجن فعال دفعی ۳۰۶
پمپ‌های بازچرخش داخلی ۳۰۷
زلال‌سازها ۳۰۷
فرآیند راه‌اندازی تجهیزات ۳۰۷
کنترل‌کننده‌ها و حسگرهای خودکار ۳۰۸
کلیات ۳۰۸
کنترل DO ۳۰۹
کنترل پمپ ۳۱۱
حسگرها و کنترل‌کننده‌های دیگر ۳۱۲
نگهداری از تجهیزات ۳۱۴
برنامه مدیریت انرژی ۳۱۴
مطالعات موردی ۳۱۵
واحد تصفیه‌خانه‌ای الف ۳۱۶
مصرف انرژی ۳۱۶
برنامه کاهش مصرف انرژی ۳۱۸
واحد تصفیه‌خانه‌ای ب ۳۱۸
مصرف انرژی ۳۱۹
برنامه کاهش مصرف انرژی ۳۱۹

واحد تصفیه‌خانه‌ای ج ۳۲۰
برنامه کاهش مصرف انرژی ۳۲۰
بخش ۵ **۳۲۳**
عیب‌یابی **۳۲۳**
مقدمه ۳۲۳
نکات اصلی در عیب‌یابی ۳۲۵
آزمون عیب‌یابی ۳۲۶
آزمون ته‌نشین‌پذیری مایع مخلوط ۳۲۶
شاخص حجم لجن ۳۲۷
آزمایش‌های میکروسکوپی ۳۲۸
سرعت تنفس مایع مخلوط ۳۳۱
مشکلات عملیاتی و راه‌حل‌های آن‌ها ۳۳۱
راکتورهای بیولوژیکی ۳۳٤
سامانه‌های هوادهی مکانیکی و هوادهی دیفیوزری ۳۳٤
سامانه‌های هوادهی دیفیوزری ۳۳٤
سامانه‌های هوادهی مکانیکی ۳۳۷
اختلاط و هوادهی ناکافی ۳۳۷
موج هیدرولیکی و غرقابه هیدرولیکی ۳۳۸
رسوب پمپ پروانه‌ای ۳۳۹
تولید کف در راکتور زیستی ۳٤۰
کف کاملاً سفید ۳٤۲

کف قهوه‌ای ۳٤٤
کف بسیار تیره و یا سیاه‌رنگ ۳٤۷
زلال‌ساز ثانویه ۳٤۷
آبشویی جامدات ۳٤۷
نقص تجهیزات ۳٤۸
بار مازاد هیدرولیک ۳٤۹
بار مازاد جامدات ۳۵۱
جریان‌های دما ۳۵٤
حجیم شدن لجن ۳۵۵
حضور میکروارگانیسم‌های رشته‌ای ۳۵۷
ارگانیسم‌های رشته‌ای تولید کف ۳٦۰
بالکینگ رشته‌ای ۳٦۳
عدم وجود میکروارگانیسم‌های رشته‌ای ۳٦٦
انباشت/بالا آمدن لجن ۳٦۷
پساب ثانویه کدر ۳۷۰
حضور تک‌یاخته غیرفعال ۳۷۰
حضور تک‌یاخته فعال ۳۷۱
تک‌یاخته‌های کم و یا بدون تک‌یاخته ۳۷۲
تولید خاکستر ۳۷٤
لخته ریز ۳۷۵
لخته پراکنده ۳۷٦

شناور شدن لجن در اثر هوادهی عمقی مخزن..... ۳۷۷
سامانه‌های حذف بیولوژیکی مواد مغذی..... ۳۷۸
مقدمه..... ۳۷۸
فرآیندهای حذف بیولوژیکی فسفر..... ۳۸۰
سامانه‌های نیتریفیکاسیون..... ۳۸۰
حذف بیولوژیکی نیتروژن..... ۳۸٤
بررسی طرح..... ۳۸٦
راهنمای عیب‌یابی..... ۳۹۵
بخش ٦ **٤۲٦**
هضم هوازی **٤۲۷**
پیشگفتار..... ٤۲۷
توصیف فرآیند..... ٤۲۷
پارامترهای عملیاتی..... ٤۲۹
ویژگی‌های لجن دفعی..... ٤۲۹
اکسیژن موردنیاز..... ٤۳۰
pH..... ٤۳۰
دما..... ٤۳۱
اختلاط..... ٤۳۲
زمان‌ماند جامدات..... ٤۳۲
بررسی تجهیزات..... ٤۳٤
انواع راکتورها..... ٤۳٤

تجهیزات توزیع هوا و اکسیژن ٤٣٤
کنترل فرآیند..... ٤٣٥
عملیات ناپیوسته ٤٣٥
عملیات پیوسته ٤٣٧
هاضم‌های جریان پیوسته..... ٤٣٧
جداسازی جامدات–مایع ٤٣٧
عملکرد فرآیند..... ٤٣٨
کاهش جامدات..... ٤٣٨
کاهش پاتوژن..... ٤٣٨
بارگذاری راکتور ٤٣٩
عیب‌یابی ٤٤٠
انسداد در دیفیوزرهای هوا..... ٤٤٤
غلظت کم اکسیژن محلول..... ٤٤٤
بوی نامطبوع ٤٤٥
تولید بیش‌ازحد کف ٤٤٥
ته‌نشینی جامدات ٤٤٦
pH کم..... ٤٤٦
یخ‌زدگی..... ٤٤٦
جمع‌آوری اطلاعات و کنترل آزمایشگاهی..... ٤٤٧
برنامه مدیریت نگهداری ٤٤٧
ابعاد مختلف نگهداری ٤٤٧

سامانه‌های هوادهی و تأمین اکسیژن ٤٤٧
تجهیزات اختلاط و پمپاژ ٤٤٨
تجهیزات سنجش و کنترل ٤٤٨
ثبت اطلاعات ٤٤٨
پیوست الف **٤٥٠**
تشخیص تعادل مواد مغذی و روش‌های اصلاح آن **٤٥٠**
مثال الف ٤٥٠
مرحله اول: ٤٥١
مرحله دوم: ٤٥٢
مرحله سوم: ٤٥٢
مرحله چهارم: ٤٥٣
پیوست ب **٤٥٥**
تنظیم pH با استفاده از هیدروکسید سدیم (pH بسیار کم) **٤٥٥**
مثال ب ٤٥٥
مرحله اول: ٤٥٦
مرحله دوم: ٤٥٦
مرحله سوم: ٤٥٦
پیوست پ **٤٥٨**
تنظیم pH با استفاده از آهک (pH بسیار بالا) **٤٥٨**
مثال پ ٤٥٨

مرحله اول: ٤٥٨
مرحله دوم: ٤٥٩
پیوست ت **٤٦٠**
کنترل ارگانیسم‌های رشته‌ای با استفاده از کلر **٤٦٠**
مثالت ٤٦٠
مرحله اول: ٤٦٠
مرحله دوم: ٤٦١
پیوست ث **٤٦٢**
استفاده از مواد شیمیایی کمک‌کننده برای افزایش ته‌نشین‌پذیری جامدات معلق مایع مخلوط **٤٦٢**
مثال ج ٤٦٣
مرحله دوم: ٤٦٤
مرحله سوم: ٤٦٤
پیوست چ **٤٦٦**
تجهیزات آزمایشگاهی نظارت و کنترل فرآیند **٤٦٦**
کنترل در مقابل نظارت ٤٦٦
حلقه کنترل فرآیند ٤٦٦
تجهیزات جایگزین ٤٦٧
آمونیاک ٤٦٧
الکترودهای آمونیاک ٤٦٨
کدورت ٤٦٨

دیسک سکی ٤٦٩
کدورت‌سنج‌ها و نفلومترها ٤٦٩
پیوست ح **٤٧٠**
تنظیم قلیاییت **٤٧٠**
مثال ۱ ..... ٤٧٠
مرحله اول: ٤٧١
مرحله دوم: ٤٧١
مرحله سوم: ٤٧١
مرحله چهارم: ٤٧١
مرحله پنجم: ٤٧٢
مرحله ششم: ٤٧٢
مرحله هفتم: ٤٧٢
مرحله هشتم: ٤٧٢
مثال ۲ ..... ٤٧٣
مرحله اول: ٤٧٣
مرحله دوم: ٤٧٣
پیوست خ **٤٧٥**
امنیت سیستم لجن فعال **٤٧٥**
پیوست د **٤٧٨**
جدول نگهداری پیشگیرانه (متداول) **٤٧٨**